



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

LED-Valaistus teollisuudessa

Juha Fomin

Opinnäytetyö
Kevät 2016
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikka
Sähkövoimatekniikka

JUHA FOMIN
LED-valaistus teollisuudessa

Opinnäytetyö 36 sivua, joista liitteitä 0 sivua
Kevät 2016

Opinnäytetyössä tutkitaan LED-valaistuksen asentamisen kannattavuutta metalliteollisuudessa sijaitsevaan kohteeseen. Kohteessa on korkea huonekorkeus, joka vaatii valaisimilta tavallista suuremman valotehon. Aluksi työssä määritellään kohteen valaistustarpeet ja vaatimukset. Kohteeseen tehdään suunnitelmaehdotukset kahdelle eri LED-valaisimelle. Valaistuslaskenta tässä työssä suoritettiin Dialux Evo- valaistuslaskentaohjelmistolla, sekä LCC- valaisinkustannusmallilla.

Tutkimuksessa todetaan nykyisen valaistuksen olevan kokonaiskustannuksissa samaa suuruusluokkaa tilaajalle ehdotettavaksi valitun LED-valaisinsuunnitelman kanssa, kun kokonaiskustannuksia tutkitaan 30 vuoden tarkastelujaksolla. Lopuksi opinnäytetyön tekijä arvioi, että LED-valaistukseen investointi ei olisi vielä ajankohtaista annettuun kohteeseen. Työssä annetaan ehdotuksia ja näkökulmia, jos LED-valaistukseen halutaan investoida.

Asiasanat: teollisuus, led-valaistus.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical Engineering
Insinööri (AMK), Bachelor of Engineering

JUHA FOMIN
Industrial LED lighting

Bachelor's thesis 36 pages, appendices 0 pages
Spring 2016

This Bachelor's thesis is about investigating LED lighting's viability in a room located in a metal factory. The room has high ceiling height, which requires more lumens from the luminaire. At the beginning of the thesis, the target room's lighting needs and requirements were defined. Two different LED-luminaires were selected to create lighting plans for the target. Lighting calculations were made using Dialux Evo lighting calculation software, and also LCC- luminaire cost model.

The result was that the total cost of current lighting's is within the same range as the selected LED-luminaires plan, when the total cost is examined within a 30-year period. Finally, the author of this thesis suggested that LED-lighting investment for the target room is not necessary at this time. The thesis provides suggestions and perspectives, for future investment in LED lighting.

Key words: industrial, led-lighting

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	VALAISTUSKÄSITTEET	8
2.1	Valaistusvoimakkuus	8
2.2	Valovoima.....	8
2.3	Valovirta	8
2.4	Luminanssi.....	9
2.5	Kontrasti.....	9
2.6	Valonlähteen käyttöikä	9
2.7	Standardit	10
2.8	Valon muodonanto.....	10
2.9	Väriämpötila	10
2.10	Värintoistokyky	11
2.11	UGR-häikäisy	11
2.12	Valaistusvoimakkuuden tasaisuus	11
3	VALAISTUS YLEISESTI	13
3.1	Nykipäivä.....	13
3.2	Valaistuksen tarkoitus	13
3.3	Huoltaminen.....	14
3.4	Hinta.....	14
3.5	Kustannukset.....	14
3.6	Standardien mukaisuus	15
4	VALAISTUKSEN SUUNNITTELU	16
4.1	Valaistuksen ohjaus	16
4.2	Valaisimen valinta	18
4.3	Dialux Evo	18
4.4	Kustannusten vertailu Excel-taulukkolaskentaohjelmalla	19
5	VALAISTUKSEN SUUNNITTELEMINEN.....	20
5.1	Lähtökohdat ja kohteen esittely	20
5.2	Suunnitelma Valopään valaisimelle VP1401 M16.....	21
5.3	Suunnitelma I-Valon valaisimelle Zeta	22
6	TULOSTEN KÄSITTELY	24
6.1	Nykyisen valaistuksen laskennan tulokset.....	24
6.2	Valopään VP 1401 -valaisimen laskennan tulokset.....	25
6.3	I-valon Zeta-valaisimen laskennan tulokset	25
6.4	Investointikustannukset	26
6.5	Käyttökustannukset.....	27

7	VALAISTUSSUUNNITELMAN VALINTA	30
7.1	Valaisin	30
7.2	Ohjaus ja anturointi	30
7.3	Investointi- ja käyttökustannukset	31
7.4	Kokonaiskustannukset	32
8	LED-VALAISIMIEN KANNATTAVUUS KOHTEESEEN.....	33
9	YHTEENVETO	35
	LÄHTEET.....	36

LYHENTEET JA TERMIT

TAMK	Tampereen ammattikorkeakoulu
LED	Light Emitting Diode. Suom. Valoa tuottava diodi
DALI	Digitaalinen väyläohjattu valaistusjärjestelmä
3D	Kolmiulotteinen
Valonlähde	Valaisimessa yleensä oleva polttimo tai vastaava
Ta 25 °C	Ympäristön lämpötila 25 °C

1 JOHDANTO

Työn tarkoituksena on tutkia kannattaako teollisuusympäristöön vielä hankkia LED-valaisimia. Kohteessa oleva nykyinen valaistus kuluttaa suhteellisen paljon energiaa, koska sitä ei voida ohjata tilan käytön mukaan. Tilaaja halusi tutkittavan, kannattaako LED-valaisimien hankinta kohteeseen, kun huomioon otetaan investointi-, huolto- ja käyttökustannukset 30 vuoden pitoajalla.

Tutkittaessa valaistussuunnitelman tekemistä kohteeseen, apuna on käytetty Dialux Evo-ohjelmistoa. Dialux Evo:lla mallinnetaan kohteen nykyinen valaistus, sekä vertaillaan sitä kahteen uuteen mallinnettuun valaistussuunnitelmaan. Valaistusstandardissa vaadittujen lukemien tulee täytyä uusissa suunnitelmissa, mikä aiheutti omat haasteensa valaistuksen suunnittelussa.

Lopuksi tehdään kustannuksista ja laskelmien tuloksista vertailu uusien suunnitelmien ja nykyisen järjestelmän välillä. Kustannuksissa huomioidaan valaistuksen investointi- ja käyttökustannukset 30 vuoden pitoajalle.

2 VALAISTUSKÄSITTEET

Valaistussuunnittelussa käytetään muutamia suureita, joiden avulla voidaan ilmaista valaistusvoimakkuutta, sekä muita valaistuksen ominaisuuksia. Vaikka valo on arkipäivässä yksinkertainen asia, on sillä monia ominaisuuksia.

Aluksi käsitellään yleisimmin käytetyt suureet ja niiden ominaisuuksia. Nämä perussuureet ovat valaistussuunnittelun apuna selventämässä valaistuksen ominaisuuksia.

2.1 Valaistusvoimakkuus

Valaistusvoimakkuudella määritellään, kuinka paljon valoa mitattavalle pinnalle saapuu. Valaistusvoimakkuuden yksikkö on luks $[lx]$ ja sitä kuvataan tunnuksella E . Sisävalaistuksessa yleisesti käytössä olevat valaistusvoimakkuudet vaihtelevat normaalisti välillä 100- 1000 lx . Suora auringonpaiste on erinomainen valonlähde, joka tuottaa parhaimmillaan 100 000 lx . (Valaistussuunnittelijan käsikirja, S. 2)

2.2 Valovoima

Valovoimalla I määritellään, kuinka paljon valoa lähtee tiettyyn suuntaan. Valovoimaa käytetään ilmaisemaan valaisimien ja kohdevalaisimien valonjako-ominaisuuksia. (Valaistussuunnittelijan käsikirja, S. 2)

2.3 Valovirta

Valovirran yksikkö on lumen $[lm]$. Valovirralla Φ , määritellään, kuinka paljon valotehoa valolähteestä saadaan. (Valaistussuunnittelijan käsikirja, S. 2)

Lumen on hyvä ja yleisimmin käytetty yksikkö kuvaamaan valonlähteiden valontuottamisen hyötysuhdetta. (Valaistustekniikka ja energiatehokas valaistus)

2.4 Luminanssi

Luminanssin yksikkö on kandela neliömetrille [cd/m^2]. Luminanssi ilmaisee tarkasteltavan kohteen pinnalla näkyvän valon eli valotiheyden. Mitä suurempi luminanssi kohteessa on, sitä kirkkaammalta kohteen pinta näyttää sitä tarkasteltaessa. Pinnan luminanssi riippuu pinnan valovoimasta ja sen projektiopinta-alasta tarkastelusuuntaa kohti. (Valaistussuunnittelijan käsikirja, S. 3)

2.5 Kontrasti

Näköaisti ei ole pelkästään valoisuudenaistimusta. Näköaisti havaitsee myös luminanssi- ja värieroja. Tumman ja kirkkaan kohteen välistä valoisuuden eroa ilmaistaan kontrastina. Pienet kontrastierot ovat tyypillisesti saman värin eri värisävyjä, kun taas voimakas kontrasti on kirkkaan valkoinen ja mattamusta.

Seinien ja katon kontrastieron tulee olla pieni. Seinien tulisi olla vaaleat, jotta niistä heijastuu valoa ympäristöön. Jos katto on pimeä, se tekee tilasta ahtaamman, sekä raskeamman työskennellä. Pimeys korostuu varsinkin matalissa tiloissa ja valoisuus korkeissa tiloissa. (Valaistussuunnittelijan käsikirja, S. 3)

2.6 Valonlähteen käyttöikä

Valonlähteen valmistaja yleensä ilmoittaa arvioidun käyttöiän tunteina. Käyttöikään vaikuttaa myös valon sytytyksien määrä. Käyttöikä ilmaisee valonlähteen laatua ja sillä voidaan arvioida kuinka usein valonlähteitä joudutaan vaihtamaan.

LED-valaisimissa olevat valonlähteet eivät yleensä hajoa äkillisesti, vaan niissä oleva valonlähde eli diodi kuluu käytössä.

LED-valaisimien käyttöiän valmistaja ilmoittaa esimerkiksi muodossa 25000hL80B50, jossa L80 tarkoittaa valonmäärän pudonneen 80 prosenttiin alkuperäisestä, B50 tarkoittaa 50 %:n todennäköisyydellä kaikista valoista, 25000 tunnin jälkeen. L80F10 Ta 25 °C on toinen merkintätapa, jossa L80 tarkoittaa valonmäärän putoamista 80 %:iin.

F10:llä merkinnässä tarkoitetaan esimerkiksi 5 000 käyttötunnin jälkeen 10 %:a valoista on hajonnut kokonaan. Ta 25 °C ilmoittaa ympäristönlämpötilan. (Ledmagazine)

2.7 Standardit

Valaistusstandardeja käytetään määrittelemään vaadittavat lukemat eri kohteisiin, jotta niissä olisi turvallista kulkea ja viihtyä työskennellä.

SFS12464-1 VALO JA VALAISTUS: Standardissa määritellään sisätyötilojen valaistusvaatimukset. Ylläpidettävällä valaistusvoimakkuudella E_m tarkoitetaan tarkastelutasolla ylläpidettävää keksimääräistä valaistusvoimakkuutta. (SFS12464-1)

2.8 Valon muodonanto

Muotojen hahmottamisen vaikeus on helppo havainnoida liikkumalla pimeässä ympäristössä niin, että valolla osoitetaan silmien katsomaan kohteeseen. Otsavalon käyttö on hyvä esimerkki, jolloin varjoja ei aina näe ja muotojen hahmottaminen on hankalampaa.

Varjojen ja muotojen erottuminen paranee, kun valoa saadaan useasta suunnasta. Esimerkiksi kasvojen piirteet erottuvat paremmin, kun valaistus on parempi. Standardissa SFS12464-1 on tiettyihin tiloihin määritelty vaadittava valon muodonanto. Tarkkuutta vaativissa tehtävissä valon muodonanto on tärkeää pienten yksityiskohtien erottamista varten.

Muodonantoa on laskennassa havainnoitu käyttämällä sylinterivalaistusvoimakkuuden ja suoranvalaistusvoimakkuuden välistä suhdetta. Sylinterivalaistusvoimakkuuden tunnus on E_z . (SFS12464-1 4.6.3)

2.9 Värilämpötila

Värilämpötilalla ilmaistaan valonlähteestä saatavan valkoisen valon sävyä. Sinertävällä valolla tarkoitetaan usein kylmää valoa, joka vastaa päivänvaloa. Päivänvalo aktivoi usein ihmisessä vireystilan. Työpaikoilla käytetään usein kylmiä värisävyjä tuottavia

valoja työntekijöiden viireystilaa nostamaan. Lämminsävyiset ja matalaintensiteettiset valot, jotka vastaavat luonnossa auringonlaskua, saavat ihmisessä aikaan rauhoittavan tunteen. (Valaistustekniikka ja energiatehokas valaistus)

2.10 Värintoistokyky

Värintoistokyvyllä ilmoitetaan, millaisilla taajuuksilla valonlähde valoa lähettää. Värintoistokyky ilmoitetaan välillä 0-100 %. Värintoistokykyä kuvataan selkeämmällä Ra-indeksillä. Mitä suurempi luku on, sitä luonnollisemmalta värit näyttävät valonlähteen valossa. Tehtäessä vertailua valonlähteiden kesken, käytetään värintoistoindeksin 100 omaavia valonlähteitä. Alle 5000 K värilämpötiloissa valonlähteitä vertaillaan hehku-lamppuun, ja korkeammissa värilämpötiloissa vertaillaan päivänvaloon. (Lampputieto)

Värintoistokyvyn ollessa välttävä, valonlähde lähettää vain kapealla taajuudella nähtävää valoa. Tällöin ihmissilmä näkee heijastuksena pinnoilta vain tätä taajuutta vastaavia värisävyjä. (Valaistustekniikka ja energiatehokas valaistus)

2.11 UGR-häikäisy

Valonlähteet saattavat aiheuttaa häikäisyä, mikäli valonlähde on kirkas. Kirkkaasta valosta johtuva häikäisy heikentää näkyvyyttä ympäristössä ja rasittaa silmiä. Standardissa SFS12464-1 on määritelty tiloissa sallitut häikäisymäärät. Häikäisymäärät voidaan laskea Dialux Evo:lla. (SFS12464-1)

2.12 Valaistusvoimakkuuden tasaisuus

Valaistusvoimakkuuden tasaisuutta kuvataan yksiköllä U_0 . U_0 määritellään valaistusvoimakkuuden minimin ja keskimääräisen valaistusvoimakkuuden suhteena. Standardissa SFS12464-1, kohdassa 4.4, ilmoitetaan laskentavyöhykkeen ulottuvan 0.25 m päähän seinistä, paitsi jos reuna-alueelle ulottuu työalue. Katon ja seinien tuloksiin voidaan soveltaa myös 0.5 m vyöhykettä ja soveltuvaa ruutukokoa. (SFS-12464-1:4.4)

U_0 : n arvoa voidaan laskennassa parantaa kasvattamalla laskettavan vyöhykkeen rajoja seinistä. Dialux Evo laskee arvot normaalisti 0.25 m päähän seinistä, koska siellä ei yleensä kuljeta. Mikäli tilassa ei työskennellä ja kuljeta lähellä reunoja, voidaan arvoa kasvattaa 0.5 m:iin, jolloin valontasaisuus paranee.

3 VALAISTUS YLEISESTI

Käsitellään seuraavaksi hieman valaistuksen perusideologiaa. Valaistusta ja valoa käytetään ympäri maailman. Nykypäivän teknologialla valaistuksen laatuun etenkin sisätiloissa voidaan vaikuttaa monilla eri tavoilla. Sähköisen valaistuksen avulla on mahdollistettu teollisuudelle työpäivien pidentäminen, koska ilman valaistusta oli hankalaa ja hidasta tehdä töitä turvallisesti.

Suomessa ensimmäinen hehkulamppu syttyi Tampereen Finlaysonin tehtaalle jo vuonna 1882.

3.1 Nykypäivä

Nykypäivänä valaiseminen on kallista ja kuluttaa paljon energiaa. Noin 20 % maailman kaikesta sähköenergiasta kuluu valaisemiseen. Valaisimiin on ryhdytty kehittämään energiatehokkaampia ratkaisuja kustannusten pienentämiseksi. (Valaistustekniikka ja energiatehokas valaistus)

Valaistuksesta tehdään myös taidetta, esimerkiksi puistoissa ja julkisrakennuksissa. Kaupoissa asiakkaan viihtyvyyttä ja ostamisherkkyyttä pyritään lisäämään pitämällä luksimäärät korkealla.

Liikenteessä voi huomata kehityksen tuomia etuja. Suunnittelussa on huomattu, että huonoilla värintoistoilla olevia lamppuja ei ole turvallista käyttää. Jalankulkijoiden näkyvyyden parantamiseksi kannattaa käyttää paremman värintoiston omaavia valaisimia. Samoin suojateitä on valaistu paremmin, kuin aikaisemmin.

3.2 Valaistuksen tarkoitus

Valaistuksen tarkoituksena on mahdollistaa näkeminen. Valaistuksen tulee olla energiatehokasta, mutta kuitenkin standardissa vaadittavien valaistusmäärien tulee täyttyä.

Erilaiset ihmiset havaitsevat ympäristöä eri tavoin. Näkemiseen vaikuttaa ihmisen ikääntyminen, jolloin näkökyky heikkenee. Iäkkäiden ihmisten pupillien pienentyminen, sekä mykiön samentuminen vaikuttavat tarvittavan valaistusvoimakkuuden määrään. 60-vuotias henkilö tarvitsee kolminkertaisen valaistusvoimakkuuden verrattuna 20-vuotiaaseen henkilöön, jotta verkkokalvolle tulisi suhteessa sama määrä valoa. Iän karttuessa hämäränäkö heikkenee ja häikäisyherkkyys kasvaa. (Valaistustekniikka ja energiatehokas valaistus)

3.3 Huoltaminen

Valaisimia tulee huoltaa huolto-ohjelman mukaisesti, koska valaisimet pölyyntyvät ja valonlähteet tulevat elinkaarensa loppuun. Valaisimiin tulee olla saatavilla varaosia koko niiden pitoajalle.

Mikäli valaisimia ei huolleta, niiden valoteho pienenee ja standardien vaatimat arvot saattavat alittua ja aiheuttaa vaaratilanteita. Teollisuudessa huoltaminen voi olla mahdollista esimerkiksi vain huoltoseisokin aikana, joten valaisimien tulee antaa riittävästi valoa koko huoltojakson ajan.

3.4 Hinta

Yleensä kalliimpi ja paremman valontoiston omaava valonlähde on parempi työturvallisuutta ajatellen, mutta huonommalla värintoistolla oleva ratkaisu saattaa olla energiatehokkaampi ja halvempi. Halpa valaisin ei välttämättä ole työturvallinen, koska huonommassa värintoistossa kaikki näyttää vain niiltä väreiltä, mitä valonlähteestä lähtee. Standardeissa on määritelty eri tiloihin vaadittavat värintoisto- ja valaistusvoimakkuusarvot, joiden mukaan suunnittelu täytyy lähtökohtaisesti toteuttaa.

3.5 Kustannukset

Teollisuuskohteissa valaisimilla on yleensä pitkä pitoaika. Valaisimet saattavat olla yli 30 vuotta vanhoja. Uusien valaisimien valinnassa tulee huomioida huoltamisesta aiheu-

tuvat kustannukset, sähköenergiasta aiheutuvat kustannukset, hankintakustannusten määrä, sekä asennuskustannukset. Helpoin tapa säästää sähkönkulutuksessa on sammuttaa valaisimet, kun niitä ei tarvita. Energiakustannuksiin säästöratkaisuna on muuttaa valaistus säädettäväksi.

LED-valaisimien huoltokustannuksista kannattaa olla yhteydessä valaisimen valmistajaan. Tärkeisiin seikkoihin, kuten valonlähteen vaihtomahdollisuuteen valaisimessa ja muiden komponenttien vaihtomahdollisuuksiin kannattaa kiinnittää huomiota. Mikäli valaisimeen ei ole saatavilla korjaukseen vaadittavia komponentteja, täytyy koko valaisin vaihtaa vanhan valaisimen rikkoutuessa.

3.6 Standardien mukaisuus

Standardien mukaisessa suunnittelussa selvitetään koko tilan, eli seinien, kattojen, työalueiden, lähialueiden ja tausta-alueiden valaistusvoimakkuus ja -tasaisuus, sekä sylinterivalaistusvoimakkuus, UGR-häikäisyindeksit ja valon muodonanto ja sen tasaisuus. (Valaistustekniikka ja energiatehokas valaistus)

”Kaikissa suljetuissa tiloissa tärkeimpien pintojen ylläpidettyjen valaistusvoimakkuuksien tulee olla seinillä $E_m > 50 \text{ lx}$, ja $U_o \geq 0,10$ ja, katossa $E_m > 30 \text{ lx}$, ja $U_o \geq 0,10$. On huomattava, että joissakin tiloissa kuten hyllyvarastoissa, terästehtaissa, rautatieterminaaleissa, jne. niiden koon, monimutkaisuuden ja toiminnallisten syiden vuoksi näiden pintojen valaistusvaatimusten saavuttaminen ei ole käytännössä mahdollista. Näissä tiloissa sallitaan suositeltuja arvoja alemmat tasot.” (SFS12464-1:4.2.3)

Teollisuudessa korkeat ja hankalan malliset kohteet aiheuttavat valaistussuunnitteluun omat haasteensa. Laskelmissa pitää saada valoa riittävästi kaikille tärkeille pinnoille. Mallinnuksessa saadaan helposti tarkastettua standardienmukaisuus. Joskus voidaan joutua esimerkiksi laskenta-alueen kokoa muuttamaan, jotta saadaan tuloksista tarkastettua tärkeimpien alueiden standardienmukaisuus.

4 VALAISTUKSEN SUUNNITTELU

Suunnitteleminen alkaa suunniteltavan tilan tarpeiden, käyttötarkoituksen ja ominaisuuksien selvittämisellä. Tilaajan toiveita kannattaa kuunnella, sekä pyrkiä toteuttamaan ne mahdollisimman hyvin.

Hyvä valaistusratkaisu koostuu muutamista perustekijöistä. Se on yksinkertainen huoltaa, energiatehokas ja ympäristöystävällinen. Ratkaisun tulee olla taloudellinen, varsinkin suurissa valaistuskokonaisuuksissa, sekä visuaalisesti miellyttävä ja käyttö- ja käyttäjätarpeet huomioiva. Hyvä valaistusratkaisu on ympäristöön sopiva, sekä ylipäättään turvallinen ja terveellinen. (Valaistustekniikka ja energiatehokas valaistus)

Valaistusta suunniteltaessa täytyy kohteeseen ensin valita yleisvalaistus ja sen voimakkuus. Tämän jälkeen voidaan haluttaessa lisätä kohdevalaisimia valaisemaan haluttuja kohteita, kuten käytävän pää, tai uloskäyntitie. Tämä selkeyttää tilan käyttäjiä hahmotamaan tilan paremmin.

Käyttöolosuhteet voivat määrittää valaisimelle lisää vaatimuksia. Yleensä teollisuudessa huomiota vaativia tekijöitä ovat normaalia korkeammat lämpötilat, erilaiset kemikaalit, sekä rasvainen pölytyminen. Olosuhteiden selvittämisen jälkeen valitaan tilaan visuaalisesti sopiva valaistus.

Teollisuusympäristössä valaistuksen huollettavuuteen tulee kiinnittää huomiota. Usein teollisuudessa valaisimet sijaitsevat hankalassa paikassa, eikä niitä pääse helposti huoltamaan, muutoin kuin erikseen sovitun huoltokatkoksen aikana. Valaistus tulee ylimitoitaa, koska valoteho pienenee valaisimien likaantuessa, tai jos osa valaisimista vaurioituu. Valaisimilta vaaditaan aina riittävästi valotehoa työskentelyalueelle.

4.1 Valaistuksen ohjaus

Valaistusta voidaan ohjata monella eri tavalla ja monen eri tarkoituksen mukaiseksi. Valaistuksen ohjauksella voidaan myös säästää energiaa. Tilaan voidaan esimerkiksi ohjata valaistus minimaaliselle tasolle, kun tilassa ei havaita henkilöitä. Minimaalinen valaistus mahdollistaa tilassa turvallisen liikkumisen. Antureiden havaitessa tilassa hen-

kilön, voidaan normaali valaistus ohjata automaattisesti määritellyn osa-alueeseen tai kaikkiin valaisimiin.

Vakiovalo-ohjaus

Vakiovalo-ohjaus mittaa ikkunoista tulevaa päivänvaloa ja säättää valaistusta tarpeen mukaisesti. Valoja säädetään niin, että työtasolla on aina riittävä valaistus. Tässä kohteessa ei ole ikkunoita, joten vakiovalo-ohjausta ei voida käyttää. (Valaistustekniikka ja energiatehokas valaistus)

Läsnäolo-ohjaus

Läsnäolotunnistimella ohjataan valaistus päälle automaattisesti, kun anturi havaitsee liikettä tilassa. Mikäli anturi ei havaitse liikettä tilassa määritetyn ajan sisään, se sammuttaa valaistuksen. (Valaistustekniikka ja energiatehokas valaistus)

Poissaolo-ohjaus ja poissaolovalaistus

Poissaolo-ohjauksessa valaistus sytytetään painikkeesta ohjaamalla, ja sammutetaan läsnäolotunnistimilla. (Valaistustekniikka ja energiatehokas valaistus)

Samantyylinen ratkaisu, kuin poissaolo-ohjaus on poissaolovalaistus. Tilasta poistuttaessa läsnäolotunnistimella ohjataan valot himmennykselle. Himmennyksen taso määritellään ennalta, kuitenkin enintään 20 %:iin. (Valaistustekniikka ja energiatehokas valaistus)

DALI-ohjaus

DALI on digitaaliseen väylätekniikkaan perustuva, osoitteita hyväksi käyttävä valaistuksen ohjausjärjestelmä. DALI:lla voidaan toteuttaa pieniä ja kevyitä ratkaisuja, mutta tarvittaessa se sopii myös isoihin järjestelmiin, jotka voidaan kytkeä toisiin järjestelmiin. (DALI-ohjaus)

DALI-ohjauksella voidaan helposti liittää valaisinjärjestelmään antureita, kuten liiketunnistimia ja läsnäoloantureita. Anturit voidaan määrittää ohjaamaan tiettyä valaisinryhmää.

Valaisinohjausjärjestelmillä voidaan asettaa valaisimet palamaan liiketunnistimen herätteestä määrätyksi ajaksi. Näin valot palavat määrätyn ajan, vaikka henkilö menisi antureiden kantaman ulkopuolelle.

4.2 Valaisimen valinta

Lähtökohtana kannattaa käyttää tilaajan toiveita. Tilaaja toivoi tähän kohteeseen valittavaksi ensisijaisesti suomalaisia valaisimia. Valaisimien tulee olla energiatehokkaita, jotta ne eivät isoinakaan valaisinmäärinä kuluttaisi paljoa sähköä. Energiatehokas valaisin on yleensä myös taloudellisempi vaihtoehto, koska suurin osa valaisimen käyttökustannuksista muodostuu energiakustannuksista. Ympäristöystävällisiin valaisinten valmistustapoihin tulisi kiinnittää huomiota. Valaisinten ympäristöystävällisyys voi myöhemmin vaikuttaa kustannuksiin. Poistettavasta hajonneesta valaisimesta aiheutuu ylimääräisiä kuluja, mikäli valaisin sisältää haitallisia aineita.

Laadukas LED- valaisin

LED-valaisimen energiatehokkuusluokka tulisi olla vähintään A+, jolloin saadaan pienempi energiankulutus, eli pienemmät käyttökulut. Käyttöiän tulisi olla vähintään 25 000 tuntia, ja vähintäänkin samoissa määrin valon tulisi kestää sytytyksiä ja sammutuksia. Värisävy valitaan omien toiveiden ja käyttötarpeen mukaisesti. Värintoistokyky eli Ra-indeksi tulisi olla minimissään 80. (Lampputieto)

LED-valaisimiin on mahdollista asentaa käyttökohteen mukaiset linssit, joilla valo voidaan ohjata tiettyyn muotoon tai avauskulmaan. Valmistajat puhuvat yleensä LED-valaisimen linssistä optiikkana.

4.3 Dialux Evo

Dialux Evo on ohjelmisto, jolla voidaan määrittää valaistusvoimakkuuksia mallintamalla kohde. Näin kohteesta saadaan laskettua tuloksia. Luksit saadaan laskettua eri pinnoille ja niistä voidaan määritellä valaistukselta vaadittavat lukemat. Päivänvalolaskennalla voidaan määritellä valojen päivänvalo-ohjauksesta saatava hyöty, kun mallinnettava kohde asetetaan oikeisiin karttakoordinaatteihin, sekä oikeaan ilmansuuntaan.

Valaisinten vertailu on Dialuxilla helppoa, kun on ensin määritellyt ja mallintanut kohteen. Samaan mallinnuspohjaan voidaan tehdä eri tallennuksia eri valaisinten vertailua varten.

4.4 Kustannusten vertailu Excel-taulukkolaskentaohjelmalla

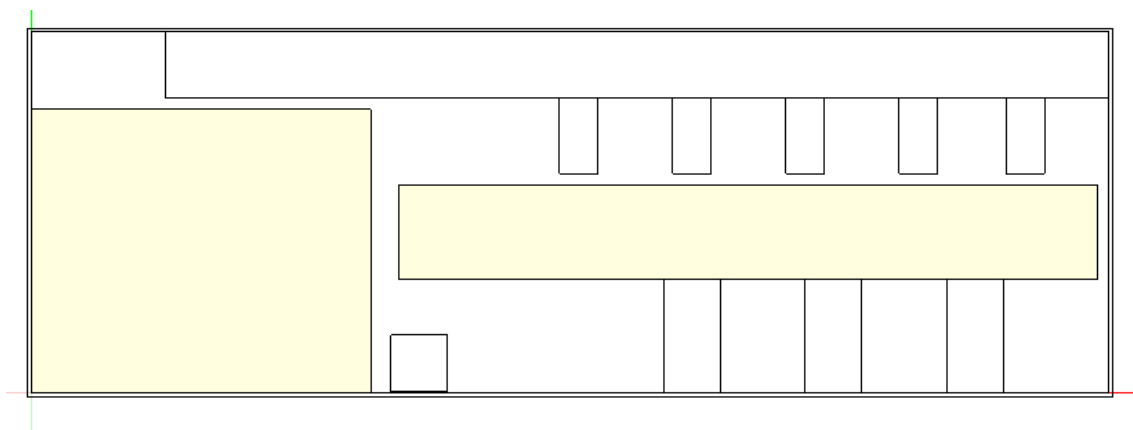
Laskelmissa käytettiin ruotsalaista LCC-mallia, joka on pääosin suomennettu. Taulukon avulla saatiin laskettua valaisinten investointi-, käyttö- ja huoltokustannukset. Taulukossa on mahdollisuus vertailla kolmen eri valaisimen kustannuksia. Vertailua helpottaa taulukosta saatava pylväsdiagrammi, josta näkyy eri kustannuksien suhde muihin kustannuksiin.

Laskentaohjelma ottaa huomioon vuotuisen todellisen koron, vuotuisen energian hinnannousun, vuotuisen valonlähteiden hinnannousun inflaation lisäksi ja vuotuisen huoltokustannusten hinnannousun inflaation lisäksi.

Asetin arvoksi vuotuiselle todelliselle korolle 0.04, vuotuiselle energian hinnannousulle 0.001, vuotuiselle valonlähteiden hinnannousulle inflaation lisäksi 0.01, vuotuiselle huoltokustannusten hinnan nousulle inflaation lisäksi 0,01.

5 VALAISTUKSEN SUUNNITTELEMINEN

Suunnitelmaa lähdetään tekemään tähän kohteeseen mallintamalla nykyinen, sekä uudet valaistussuunnitelmat Dialux Evo:lla. Kohde on normaalia huonetta korkeampi ja valaisinten sijoitus on 11.5 metrin korkeudessa. Tilan pituus on noin 57 m ja leveys noin 19 m. Tilassa on ovia jokaisella seinällä, sekä rappuset ylätasolle ja alakertaan. Dialux Evo:lla tehtiin laskelmat KUVA 1 Dialuxin laskentaalueet KUVA 1 näkyvälle käytävän alueelle, joka kuvastaa tilan keskeisintä aluetta. Isompi alue kuvastaa paremmin tilan lattian kokonaistuloksia.



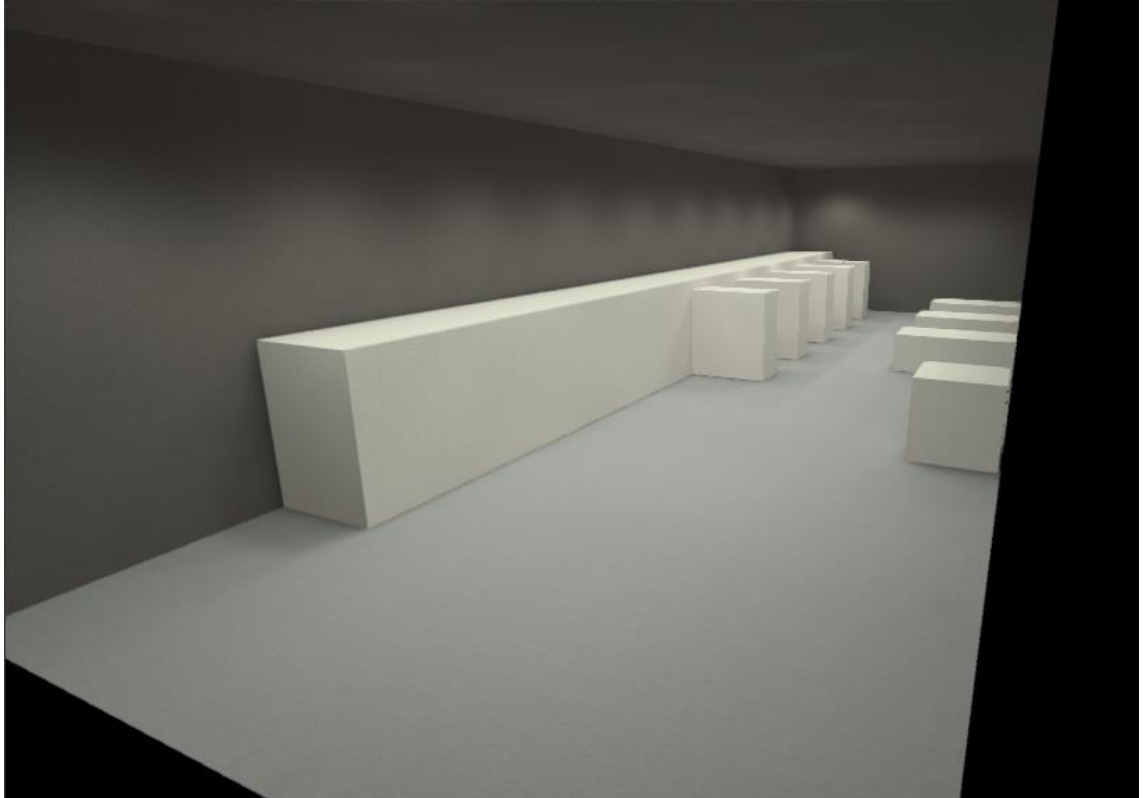
KUVA 1 Dialuxin laskentaalueet pohjapiirroksessa

Huoneen seinustalla on kolme isoa Tandem-valssaimen moottoria, joita huolletaan viikoittain. Tilaa käytetään paljon myös läpikulkutilana.

5.1 Lähtökohdat ja kohteen esittely

Suunniteltavasta kohteesta tehtiin Dialux Evo:lla 3D-mallinnus. Aluksi tehtiin kohteen pohjapiirroksesta mallinnus. Samaan pohjaan voitiin suunnitella kaikki kolme mallinusta, kun ne tallennettiin eri tallennuksille.

Kohteessa on nykyisessä valaistuksessa käytetty valaisimina syväsiteilijöitä, joissa valonlähteenä on 400 W suurpainenaatriumpolttimo. KUVA 2 esittää nykyistä valaistusta mallinnettuna 3D-mallina. Värisävyksi 400 W:n suurpainenaatriumpolttimoista tulee kellertävä 2000 K, joka näkyy kuvassa 2. Värintoistoindeksin Ra-luku on vain 24. Valaisimia kohteessa on nykyisellään 22 kappaletta. Valovirta per valaisin on 55000 lm.



KUVA 2 Nykyinen valaistustilanne moottorihuoneessa. (Valopää VP1401 M16)

SSAB:lla työskentelee kaikenikäisiä ihmisiä. Tehdastiloissa vaaditaan vähintään 18 vuoden ikää. Iäkkäämpien ihmisten lisääntynyt valonmäärän tarve tulee huomioida valaistusratkaisussa.

5.2 Suunnitelma Valopään valaisimelle VP1401 M16

Ensimmäisen valaistussuunnitelman laskelmissa käytettiin Valopään VP1401 M16 LED-valaisinta. Yhden valaisimen hinta on noin 700 €. Valaisin on suunniteltu keskika-
tuvalaisimeksi, mutta se sopii myös teollisuusvalaisimeksi, kun valitaan kohteeseen sopiva optiikka. KUVA 33 nähdään valaisin, joka voidaan asentaa vaijerikiinnikkeellä. (Valopää VP1401 M16)



KUVA 3 Valopää VP1401 M16 -valaisin (Valopää VP1401 M16)

Valaisimen ominaisuutena on valmistajan ilmoittama 28800 *lm*:in hyötyvalo, joka on tähän tilaan huonekorkeuden takia hyvä arvo. Valonlähteen käyttöiäksi valmistaja ilmoittaa 100 000 tuntia L80F10 Ta 25 °C. Erittäin pitkä käyttöikä tekee valaisinten huoltotaajuuden joustavammaksi. Uusia valonlähteitä ei tarvitse vaihtaa usein, mikä alentaa huoltokustannuksia. Värintoisto Ra-indeksiluvuksi valaisimelle valmistaja ilmoitti vakioiksi 70, mutta valmistaja pystyy asiakkaan toiveiden mukaisesti muokkaamaan lukua. (Valopää VP1401 M16)

Valonlähteen vaihto tapahtuisi arviolta 10–11 vuoden välein toimittamalla valaisin valmistajalle takaisin. Valonlähteen vaihdon hinnaksi valmistaja arvioi kuluinensa noin 150–200 €.

5.3 Suunnitelma I-Valon valaisimelle Zeta

Toisen valaistussuunnitelman laskelmissa käytettiin I-Valon Zeta ZE18EP4E4000ELNA LED-valaisinta. KUVA 44 näkyvä Zeta-malli on laadukas LED-valaisin tuotantolaitoksiin, varastoihin ja muihin vastaaviin tiloihin. Valaisimen ilmoitetaan soveltuvan korkeaan, jopa 30 m asennuskorkeuteen. Valaisin on kestävä ja energiatehokas. (I-Valo Zeta)



KUVA 4 I-Valon Zeta-valaisin (I-valo Zeta)

Valaisimen ominaisuutena on valmistajan ilmoittama 19000 *lm* hyötyvaloa, joka on tähän kohteeseen korkeuden johdosta hyvä arvo. Valonlähteen käyttöiäksi valmistaja arvioi 60000 tuntia L80. Pitkä käyttöikä tekee valaisinten huoltotaajuuden joustavammaksi. Uusia valonlähteitä ei tarvitse vaihtaa usein, mikä alentaa huoltokustannuksia. Värintoisto Ra-indeksiluvuksi valaisimelle valmistaja ilmoittaa 80. Valaisimessa on 40 asteen optiikka ja 4000 *K* värisävy.

Valmistaja ilmoitti valaisimelle hinta-arvioksi 665 €. Valonlähteen varaosalle arvioin hinnaksi 200 €. Valonlähteen vaihto tapahtuu palauttamalla valaisin valmistajalle, joka lähettää huollettavan valaisimen tilalle uuden tai korjatun valaisimen. Valonlähteen vaihto tapahtuisi arviolta 7 vuoden välein, mikäli valoja pidetään koko ajan päällä.

6 TULOSTEN KÄSITTELY

Seuraavaksi käsitellään Dialux Evo:sta saatujen tuloksien standardienmukaisuutta. Standardinmukaisen valaistussuunnitelman voi toteuttaa kohteeseen, mikäli se on kustannustehokkaampi ratkaisu. Uusien valaistussuunnitelmien standardienmukaisuus osoittaa suunnittelun valaistuksen olevan tilaan riittävä.

Kohteen työkohteissa on siirrettävä kohdevalaistus, esimerkiksi valaistuksen parantamiseksi moottorien sisällä huollon aikana.

Uusissa valaistussuunnitelmissa on lisäksi tehty laskenta, siitä kun käytössä on vain keskirivin valaisimet. Käyttämällä pelkästään keskirivin valaisimia, saadaan sähkönkulutusta pienennettyä, mutta kuitenkin mahdollistettua tilassa turvallinen liikkuminen. Valaistuksen tulee olla kokonaan päällä, kun tilassa on henkilöitä.

6.1 Nykyisen valaistuksen laskennan tulokset

Nykyisessä valaistuksessa on puutteita standardinmukaisuudessa. Tämä johtuu siitä, että valaistus on toteutettu arviolta noin 30 vuotta sitten. Tämänhetkiset standardit suunniteltavalle tilalle ovat SFS12464-1 viitenro 5.20.3. (SFS12464-1)

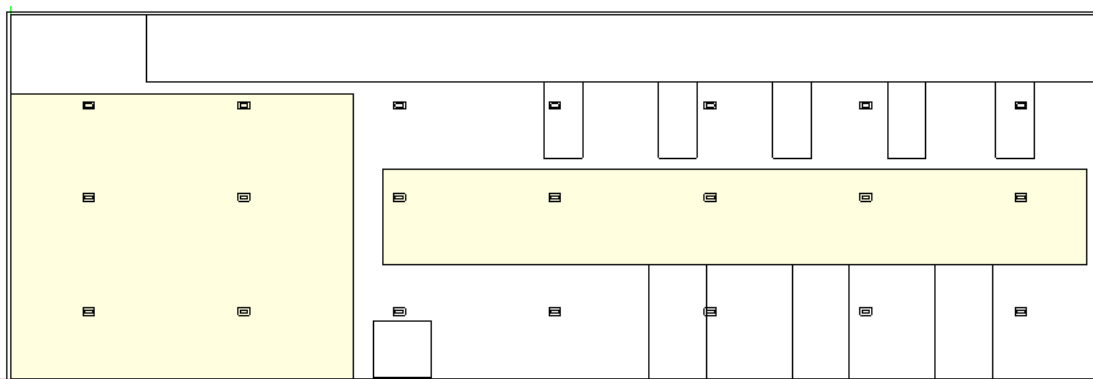
KUVA 1 osoitetuille laskentakohteille tehtiin vertailu nykyisen valaistuksen standardienmukaisuudesta. TAULUKKO 1 on vihreällä korostettuna standardienmukaiset arvot ja punaisella standardista poikkeavat arvot.

<i>Vanha valaistus</i>			
	Käytävä	Lattia	Standardi
Em tasaisuus	545 lx	448 lx	200 lx
U0 min/kesk	0,61	0,44	0,4
UGR	28,2	29,6	25
Ra värintoisto	24	24	80

TAULUKKO 1 Nykyisen valaistuksen laskennan tulokset

6.2 Valopään VP 1401 -valaisimen laskennan tulokset

KUVA 1 osoitetuille laskentakohteille tehtiin vertailu VP1401 M16 -valaisimen standardienmukaisuudesta. **Error! Reference source not found.**TAULUKKO 1 on vihreällä korostettuna standardienmukaiset arvot ja punaisella standardista poikkeavat arvot. KUVA 5 VP1401 M16 -Valaisinten layout on nähtävillä valaisinten sijoitusehdotus pohjakuvaan.



KUVA 5 VP1401 M16 -Valaisinten layout

Valopää valaistus						
kaikki valot			vain keskirivi			Standardi
	Käytävä	Lattia		Käytävä	Lattia	
Em tasaisuus	496	449	Em tasaisuus	314	175	200 lx
U0 min/kesk	0,69	0,49	U0 min/kesk	0,82	0,04	0,4
UGR	17,9	18,4	UGR	20,9	20,9	25
Ra värintoisto	80	80	Ra värintoisto	80	80	80

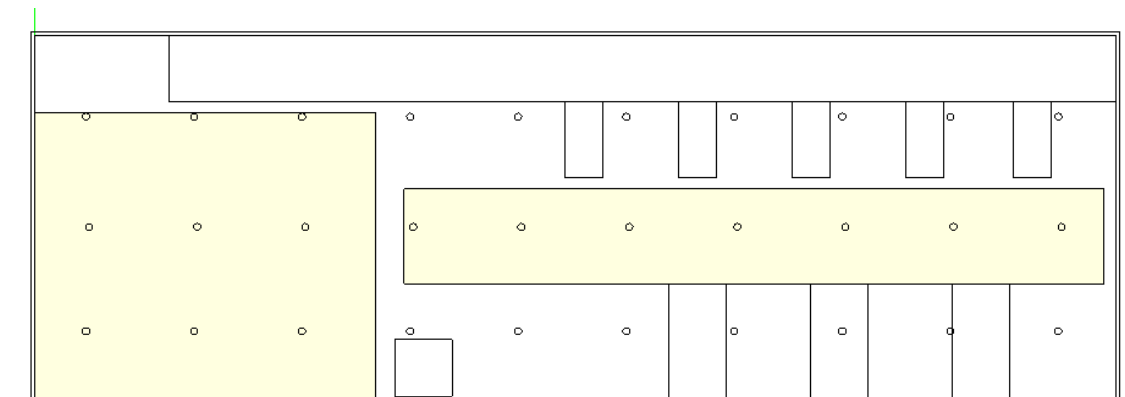
TAULUKKO 2 Valopää VP1401 M16 -valaisimen laskennan tulokset

TAULUKKO 2 on esitetty ”vain keskirivi”-sarakkeen alapuolella valaistustulokset, jos vain keskirivin valaisimet ovat käytössä.

Muodonannon arvoksi saatiin 0,3, sylinterivalaistusvoimakkuuden ollessa 161 lx. Tärkeimpien pintojen, katon ja seinien, ylläpidettävien valaistusvoimakkuuksien määrät olivat riittävät. Katossa on 102 lx. Seinillä valaistusvoimakkuus on 90- 100 lx.

6.3 I-valon Zeta-valaisimen laskennan tulokset

KUVA 1 osoitetuille laskentakohteille tehtiin vertailu Zeta-valaistuksen standardienmukaisuudesta. **Error! Reference source not found.**TAULUKKO 1 on vihreällä korostettuna standardienmukaiset arvot ja punaisella standardista poikkeavat arvot. KUVA 6 Zeta -valaisinten layouton nähtävillä valaisinten sijoitusehdotus pohjakuvaan.



KUVA 6 Zeta -valaisinten layout

iVALO valaistus						
kaikki valot			vain keskirivin valaisimet			Standardi
	Käytävä	Lattia		Käytävä	Lattia	
Em tasaisuus	367	318	Em tasaisuus	314	175	200 lx
U0 min/kesk	0,73	0,47	U0 min/kesk	0,82	0,04	0,4
UGR	19,6	20,9	UGR	20,9	20,9	25
Ra värintoisto	80	80	Ra värintoisto	80	80	80

TAULUKKO 3 Zeta -valaisimen laskennan tulokset

TAULUKKO 3 on esitetty ”vain keskirivi”-sarakkeen alapuolella valaistustulokset, jos vain keskirivin valaisimet ovat käytössä.

Muodonannon arvoksi saatiin 0.35, sylinterivalaistusvoimakkuuden ollessa 131 lx. Tärkeimpien pintojen, katon ja seinien, ylläpidettävien valaistusvoimakkuuksien määrät olivat riittävät. Katossa on 102 lx. Seinillä valaistusvoimakkuus on 90- 100 lx.

6.4 Investointikustannukset

Tässä kappaleessa esitetään uusien valaisimien investointikustannukset, joissa mukana on valaisinten hankinta-, materiaali- ja työkustannusarviot.

Vertailupohjaksi on laskettu nykyisen valaistuksen valaisinkustannukset, jotka ovat 8184 €. Valonlähdekustannukset ovat 350 €. Materiaali ja – työkuluihin kuluu arviolta 1760 €

VP1401 M16 -valaisimia tulisi kohteeseen 21 kappaletta. Niiden hinta on 700 € per kappale. Valonlähde sisältyy hintaan. Valaisinkustannuksiksi tulisi yhteensä 14 700 €. Materiaali-, työ- ja valaistuksenohjauskustannuksiin tulee varata arviolta 2 500 €.

I-Valon Zeta-valaisimia tulisi kohteeseen 30 kappaletta. Niiden hinta on 665 € per kappale. Valonlähde sisältyy hintaan. Valaisinkustannuksiksi tulisi yhteensä 19 950 €. Materiaali-, työ- ja valaistuksenohjauskustannuksiksi tulee varata arviolta 3 400 €.

6.5 Käyttökustannukset

Error! Reference source not found.**4Error! Reference source not found.5Error! Reference source not found.6** on laskelmat käyttö- ja kokonaiskuluista. Laskelmiin sähkön hinnaksi tilaaja ilmoitti käytettäväksi 60 € /MWh. Taulukoissa on näkyvillä asetetut arvot harmailla pohjilla ja lasketut arvot valkoisilla pohjilla.

KÄYTTÖKUSTANNUKSET		snat 400W	VP1401	VP1401	Zeta ZE18E	Zeta ZE18E
Energiakustannukset				keskiarvi		keskiarvi
Asennettu teho mukaan lukien lähtälaittehäviöt	W	9 680	5 796	1 932	4 710	1 570
Käyttöaika	h/y	8 760	8 760	8 760	8 760	8 760
Käyttökerroin		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Energiankulutus / vuosi	MWh/vuosi	84,80	50,77	16,92	41,26	13,75
Sähköenergian hinta	eur/kWh	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Energiakustannus / vuosi	eur/vuosi	5 088	3 046	1 015	2 476	825
Laskentakerroin 1		8,47	8,47	8,47	8,47	8,47
Energiakustannusten nykyarvo	eur	43 097	25 805	8 602	20 970	6 990
Valonlähdekustannukset - mukaan lukien vaihto						
Valonlähteen elinikä	h	20 000	100 000	100 000	60 000	60 000
Vaihtoväli	vuosia	2	11	11	7	7
Vaihtokustannus / kpl	eur	15	200	200	250	250
Laskentakerroin 2		3,31	0,02	0,02	0,80	0,80
Valonlähdekustannusten nykyarvo	eur	1 093	159	53	10 829	3 610
Huoltokustannukset						
Huoltokustannus valaisinta kohden	eur/kpl	35	200	200	200	200
Käyttöaika ennen huoltoa	h	20 000	43 800	43 800	30 660	30 660
Huoltoväli	vuosia	2	5	5	4	4
Laskentakerroin 3		4,48	1,33	1,33	2,40	2,40
Huoltokustannusten nykyarvo	eur	3 453	5 600	1 867	14 391	4 797
KÄYTTÖKUSTANNUKSET YHTEENSÄ		47 643	31 564	10 521	46 190	15 397
KOKONAISKUSTANNUS (NYKYARVO)	eur	47 643	48 764	15 421	69 540	22 047

TAULUKKO 4 Käyttö- ja kokonaiskustannukset 10 vuoden tarkastelujaksolla (LCC-malli)

Pelkästään energiakustannuksia nykyisellä valaistuksella tulee yli 43 000 € kymmenessä vuodessa. Pienimmät energiakustannukset ovat Zeta:lla, vaikka valaisimia on 30 kappaletta.

KÄYTTÖKUSTANNUKSET		snat 400W	VP1401	VP1401	Zeta ZE18E	Zeta ZE18E	
Energiakustannukset				keskirivi		keskirivi	
Asennettu teho mukaan lukien liitäntälaitteet	W	9 680	5 796	1 932	4 710	1 570	
Käyttöaika	h/y	8 760	8 760	8 760	8 760	8 760	
Käyttökerroin		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Energiankulutus / vuosi	MWh/vuosi	84,80	50,77	16,92	41,26	13,75	
Sähköenergian hinta	eur/kWh	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
Energiakustannus / vuosi	eur/vuosi	5 088	3 046	1 015	2 476	825	
Laskentakerroin 1		14,25	14,25	14,25	14,25	14,25	
Energiakustannusten nykyarvo	eur	72 504	43 413	14 471	35 278	11 759	
Valonlähdekustannukset - mukaan lukien vaihto							
Valonlähteen elinikä	h	20 000	100 000	100 000	60 000	60 000	
Vaihtoväli	vuosia	2	11	11	7	7	
Vaihtokustannus / kpl	eur	15	200	200	250	250	
Laskentakerroin 2		5,62	0,67	0,67	1,40	1,40	
Valonlähdekustannusten nykyarvo	eur	1 853	5 644	1 881	18 905	6 302	
Huoltokustannukset							
Huoltokustannus valaisinta kohden	eur/kpl	35	200	200	200	200	
Käyttöaika ennen huoltoa	h	20 000	43 800	43 800	30 660	30 660	
Huoltoväli	vuosia	2	5	5	4	4	
Laskentakerroin 3		7,49	2,96	2,96	4,72	4,72	
Huoltokustannusten nykyarvo	eur	5 768	12 429	4 143	28 308	9 436	
KÄYTTÖKUSTANNUKSET YHTEENSÄ		80 125	61 486	20 495	82 491	27 497	
KOKONAISKUSTANNUS (NYKYARVO)		eur	80 125	78 686	25 395	105 841	34 147

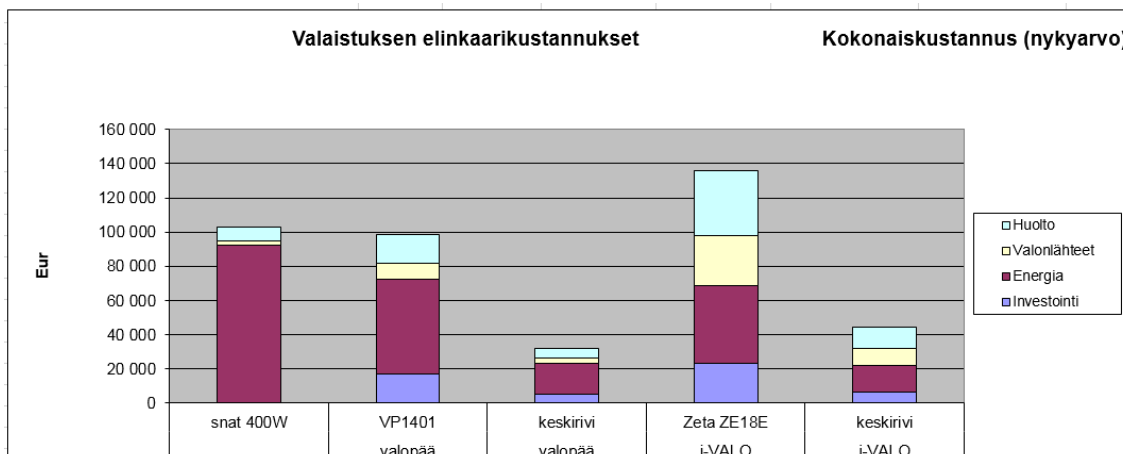
TAULUKKO 5 Käyttö- ja kokonaiskustannukset 20 vuoden tarkastelujaksolla (LCC-malli)

Keskirivin valaistuskustannuksista voidaan arvioida minimikustannukset, jos keskiriviä pidetään kokoajan päällä. Mikäli tilaan tulee valaistuksenohjausjärjestelmä, putoavat kokonaiskustannukset tilan käytön mukaisiksi. Tilassa jatkuvasti oltaessa kokonaiskustannukset nousevat lähelle kaikkien valojen aiheuttamia energiakustannuksia. Mikäli tilassa liikutaan harvemmin, sen kustannukset laskevat lähemmäs keskirivivalaistuksen kustannusarvoja.

KÄYTTÖKUSTANNUKSET		snat 400W	VP1401	VP1401	Zeta ZE18E	Zeta ZE18E
Energiakustannukset				keskirivi		keskirivi
Asennettu teho mukaan lukien liitälaitteet	W	9 680	5 796	1 932	4 710	1 570
Käyttöaika	h/v	8 760	8 760	8 760	8 760	8 760
Käyttökerroin		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Energiankulutus / vuosi	MWh/vuosi	84,80	50,77	16,92	41,26	13,75
Sähkönenergian hinta	eur/kWh	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Energiakustannus / vuosi	eur/vuosi	5 088	3 046	1 015	2 476	825
Laskentakierroin 1		18,19	18,19	18,19	18,19	18,19
Energiakustannusten nykyarvo	eur	92 570	55 428	18 476	45 042	15 014
Valonlähdekustannukset - mukaan lukien vaihto						
Valonlähteen elinikä	h	20 000	100 000	100 000	60 000	60 000
Vaihtoväli	vuosia	2	11	11	7	7
Vaihtokustannus / kpl	eur	15	200	200	250	250
Laskentakierroin 2		7,55	1,09	1,09	2,21	2,21
Valonlähdekustannusten nykyarvo	eur	2 491	9 150	3 050	29 798	9 933
Huoltokustannukset						
Huoltokustannus valaisinta kohden	eur/kpl	35	200	200	200	200
Käyttöaika ennen huoltoa	h	20 000	43 800	43 800	30 660	30 660
Huoltoväli	vuosia	2	5	5	4	4
Laskentakierroin 3		10,01	4,06	4,06	6,25	6,25
Huoltokustannusten nykyarvo	eur	7 707	17 043	5 681	37 527	12 509
KÄYTTÖKUSTANNUKSET YHTEENSÄ		102 768	81 620	27 207	112 367	37 456
KOKONAISKUSTANNUS (NYKYARVO)		eur 102 768	98 820	32 107	135 717	44 106

TAULUKKO 6 Käyttö- ja kokonaiskustannukset 30 vuoden tarkastelujaksolla (LCC-malli)

TAULUKKO 7 Käyttö- ja kokonaiskustannukset 30 vuoden tarkastelujaksolla (LCC-malli) on esitetty eri kustannusten jakautuminen kokonaiskustannuksissa 30 vuoden tarkastelujaksolla. Pylväsdiagrammista hahmottuu nopeasti ja selkeästi eri kustannusten osuus.



TAULUKKO 7 Käyttö- ja kokonaiskustannukset 30 vuoden tarkastelujaksolla (LCC-malli)

7 VALAISTUSSUUNNITELMAN VALINTA

Valitsin tilaajalle esitettäväksi kannattavammalta vaikuttavan LED-valaisimen suunnitelman. Aluksi esittelen suunnitelmaan valittu valaisimen ja ohjaustavan. Laskentatuloksien perusteella pohdin suunnitelman kannattavuutta kohteeseen.

7.1 Valaisin

Valaisimeksi kohteeseen ehdotan Valopään VP1401 M16 -mallia, jossa ei ole valaistusvoimakkuuden säätömahdollisuutta. DALI-ohjattavan VP1401i M16 -mallin hinta on noin 70 € enemmän, kuin tavallinen kiinteällä ohjauksella oleva VP1401 M16. VP1401 M16 -mallia voidaan ohjata kiinteästi, joko päälle tai pois.

Valaisimen valmistajasta sain opinnäytetyön aikana hyvän ja asiantuntevan kuvan. Valopää valmistaa valaisimensa itse suomalaisten tavarantoimittajien osista. Valaisinten huolto tapahtuu Valopäällä Suomessa. Valopää pystyy toteuttamaan valaisimen valmistuksen asiakkaan toiveiden mukaisesti, esimerkiksi värintoistolukemaa pystytään muuttamaan asiakkaan toiveiden mukaisesti.

Valaisimessa on todella pitkäkestoinen 100 000 tunnin valonlähteen käyttöikä, joka vähentää huollon tarvetta ja kustannuksia. Valaisimen ilmoitetaan toimivan -40...+30 °C lämpötiloissa. Tarvittaessa kalliimpi VP1401i M16 -malli kestää -40...+40 °C lämpötiloja.

Vaikkakin I-Valon Zeta-malli kuluttaa hieman vähemmän sähköä, kuin Valopään VP1401 M16 -malli, ei I-Valo vaikuttanut lupaavalta yhteistyökumppanilta opinnäytetyötä tehdessäni. I-Valon Zeta-mallin valaisimia tulee asentaa 30 kappaletta, joka aiheuttaa suuremman investoinnin. Zeta-mallin valonlähteen vaihtokustannukset jäivät epäselviksi.

7.2 Ohjaus ja anturointi

Kohteeseen tulee asentaa liikeantureita ja läsnäoloantureita henkilöliikenteen havaitsemiseksi. Turvallisuuden kannalta kaikkia valoja voidaan pitää päällä esimerkiksi yhden tunnin ajan, kun tilassa havaitaan henkilö. Arvioin, että tässä ajassa henkilö ehtii tehdä työnsä ja liikkumaan uudestaan anturin havaitsemisalueelle. Mikäli tilassa ei havaita liikettä tunnin aikana, sammutetaan seinustan läheiset valaisinrivit automaattisesti sähkön säästämiseksi.

Valopää tarjoaa älykkäitä valaistusjärjestelmiä, jotka voidaan muokata asiakkaan vaatimusten mukaisesti. Järjestelmässä jokainen älykäs laite toimii yksilöllisenä laiteena, jolla voidaan toteuttaa turvallisia ja joustavia valaistusjärjestelmiä. (Valopää/ Älykäs LED-valaistusjärjestelmä)

Valopää ilmoitti järjestelmien hintojen olevan 300-2000 € luokkaa, riippuen kohteen vaatimuksista. Tähän kohteeseen riittää arviolta noin 300 € hintaluokan yksinkertaisempi ohjausjärjestelmä. Valaisimia ohjataan radioteitse, joten erillisiin ohjauskaapelointeihin ei tarvitse investoida.

7.3 Investointi- ja käyttökustannukset

Kustannukset kohteelle laskin LCC-mallilla Excel taulukkolaskenta-ohjelmassa. Kustannukset koostuvat investointi- ja käyttökustannuksista.

Valaisinten investointikustannuksiksi tulee 14 700 €, joka koostuu 21 kappaleesta 700 € hintaisia VP1401 M16 -valaisimia. Asennus- ja valaistuksenohjauskustannuksiksi arvioin 2 500 €, joista materiaali- ja työkustannuksiksi arvioin 100 € per valaisin, sekä 400 € valaistuksen ohjaukselle. Investointikustannukset ovat yhteensä 17 200 €.

Energiakustannukset asennetulla 5796 W teholla ja ympärivuotisella käytöllä ovat 3046 € vuodessa, kun sähkön hintana on käytetty 6 snt/ kWh. Energiakustannuksia voidaan pienentää valaistuksenohjausjärjestelmällä.

Valonlähteen vaihtokustannukset ovat valmistajan arvioimana 150–200 € kuluineen. 30 vuoden tarkastelujaksolla valonlähdekustannuksiksi tulee arviolta 9150 €.

Huoltokustannuksiin tulee varata arviolta 200 € per valaisin ja LCC-mallilla laskettu huoltoväli on 5 vuotta. 30 vuoden tarkastelujaksolla huoltokustannukset ovat arviolta 17 043 €.

Käyttökustannukset 30 vuoden tarkastelujaksolla ovat yhteensä 81 620 €.

7.4 Kokonaiskustannukset

Investointi- ja käyttökustannukset muodostavat kokonaiskustannukset. 30 vuoden tarkastelujaksolla VP1401 M16 -valaisimen kokonaiskustannukset ovat 98 820 €. Nykyisen valaistuksen kokonaiskustannukset ovat 115 702 €, mikäli kustannuksissa huomioidaan valaisininvestointi. Nykyisessä valaistuksessa valaisimet on jo hankittuna, joten vähentämällä niiden investoinnin osuus, tulee nykyisen valaistuksen kokonaiskustannuksiksi 105 777 €. Tässä laskelmassa ei ole huomioitu 30 vuoden aikana tarvittavien valaisimien uusimisia.

8 LED-VALAISIMIEN KANNATTAVUUS KOHTEESEEN

LED-valaisinten korkea hankintahinta on tänä päivänä kustannusten kannalta merkittävä tekijä, vaikka valaisimet kuluttavat paljon vähemmän sähköä, kuin normaalisti teollisuudessa käytetyt valaisimet. Valaisimen rikkoutuessa siitä aiheutuu ylimääräisiä kuluja.

Laskelmien perusteella kokonaiskustannusarviot ovat todella lähellä toisiaan nykyisen valaistuksen ja VP1401 M16 -valaisinten suunnitelman kanssa. Mikäli kohteessa pystyttäisiin hyödyntämään päivänvaloa, päivänvalo-ohjausta sekä liiketunnistimia, voitaisiin energiakustannuksissa saada jopa yli 60 % säästöä, jolloin LED-valaistus olisi kannattava ratkaisu. Mikäli kohteeseen suunniteltaisiin ensimmäistä kertaa siihen asennettavaa valaistusta, olisi LED-valaistus kohteeseen järkevä ratkaisu sen standardinmukaisuuden johdosta.

Myöhemmässä vaiheessa LED-valaisimien kehittyessä ja hintojen laskiessa, tulevat LED-valaisimet olemaan nykyistä valaistusta parempi ratkaisu. Verrattuna nykyiseen valaistukseen, on LED-valaisinten etuna säädettävyys ja sen pienempi energiankulutus. Nykyistä valaistusta ei kannata muuttaa automaattisesti ohjattavaksi valaistusjärjestelmäksi, koska suurpainenatrium-valoilla kestää kauan syttyä uudelleen, jopa minuutteja sammuttamisen jälkeen.

Merkittäviä kustannussäästöjä kohteesta ei laskelmien perusteella saada 30 vuoden tarkastelujaksollakaan, joten mielestäni LED-valaistus ei ole ainakaan vielä kannattava. Kustannusten näkökulmasta LED-valaisimien valitseminen on kannattavaa vain energiansäästön kannalta, mutta valaisinten korkea hinta tuo lisäriskin. Turvallisuuden näkökulmasta LED-valaistuksen standardienmukaisuus asettaa LED-valaisimet hyvään asemaan.

Mikäli LED-valaisimiin halutaan investoida, se muuttaisi tilan valaistuksen standardienmukaiseksi. LED-valaistuksen ohjattavuus pienentäisi energiankulutusta vielä lisää ja valonlähteiden vaihtotaajuus kasvaisi. Valonlähteiden sammuttaminen pidentää käyttöaikaa, joka pienentää laskettuja kustannuksia. Laskemissa on vaikea huomioida valaistuksenohjauksesta saatavaa energiansäästöä ilman tarkkaa tietoa tilan käyttöajoista.

Hämeenlinnan SSAB:n hallien tiloissa on useissa kohteissa samanlaisia valaisimia. Nykyisiä valaisimia voidaan niiden kunnosta riippuen mahdollisesti käyttää uudelleen tehtaan muissa tiloissa tai valaisimia voidaan käyttää myös varaosina, joten niitä ei kannata heittää pois.

9 YHTEENVETO

Dialux Evo:lla tehdystä kohteen nykyisen valaistuksen mallinnuksesta voitiin todeta, että nykyinen valaistus ei ole standardien mukainen. Uudet suunnitelmat LED-valaisimille mallinnettiin ja suunniteltiin standardien mukaisiksi. Mallinnusten jälkeen laskettiin kustannukset LCC-mallilla Excel-taulukkolaskentaohjelmassa. Kokonaiskustannuksia tutkittiin 10, 20 ja 30 vuoden tarkastelujaksoilla.

Energiakustannukset ovat nykyiseen valaistukseen verraten melkein puolta pienemmät. LED-valaisimien helppo ohjausmahdollisuus alentaa energiakustannuksia vielä lisää. Investointikustannukset ovat LED-valaisimilla vielä nykypäivänä korkeat. LED-valaisimien valonlähteillä on moninkertainen käyttöikä verraten nykyisiin valaisimiin. Kokonaiskustannukset ovat kuitenkin, jopa 30 vuoden tarkastelujaksolla, hyvin samaa tasoa.

Opinnäytetyössä arvioitiin tutkimusten perusteella, että LED-valaisinten hankinta ei ole kohteeseen vielä kustannusten näkökulmasta kannattavaa. Mikäli tilaaja kuitenkin haluaisi investoida LED-valaisimiin, esitettiin tätä varten muutamia näkökulmia ja pohdittiin mahdollisia hyötyjä.

LÄHTEET

Lampputieto, Motiva Oy. Luettu 1.3.2016 <http://www.lampputieto.fi/lamput/>

Valaistussuunnittelijan käsikirja, Fagerhult. Luettu 1.3.2016
<http://np.netpublicator.com/netpublication/n30265811>

Valaistustekniikka ja energiatehokas valaistus, Kari Kallioharju. Luettu 25.2.2016 Valaistus_2016.pdf

Valaistus suunnitteluopas, Jukka Jokiniemi ja Mikael Vilpponen. Luettu 27.2.2016
http://www.innolux.fi/sites/default/files/Valaistussuunnitteluopas_RGB.pdf

I-valo Zeta, I-valo Oy. Luettu 29.3.2016 http://www.i-valo.com/verkkokauppa/fin/i_valo_zeta-156/

Valopää VP1401 M16, Valopää Oy. Luettu 29.3.2016
http://www.valopaa.com/?488&prod_id=42

Syväsiteilijä Lama 08, Rexel Finland Oy. Luettu 29.3.2016
<https://www.sahkonumerot.fi/4425167/>

Älykäs LED-valaistusjärjestelmä, Valopää. Luettu 13.4.2016
http://www.valopaa.com/alykkaat_ratkaisut/alykas_led-valaistusjarjestelma

LCC-malli, Bångens Teknikkonsult, <http://tabula.tamk.fi/mod/url/view.php?id=490510>

DALI ohjaus, Kari Kallioharju. Luettu 10.4.2016
http://tabula.tamk.fi/pluginfile.php/592276/mod_resource/content/0/DALI_SVT.pdf

SFS 12464-1, SFS-sisävalaistus standardit. Sesko ry. Luettu 1.4.2016

Ledmagazine, LEDs Magazine. Luettu 16.4.2016
<http://www.ledsmagazine.com/articles/2010/06/doe-recommends-new-approach-to-led-luminaire-lifetime-ratings.html>